

MEDITERRANEA

SERIE DE ESTUDIOS GEOLÓGICOS

Número 5

1986

SUMARIO

	Página
B. GRANIER. Algues <i>chlorophyceae</i> du jurassique terminal et du crétacé inférieur en Alicante	5
S. CALZADA Y J. V. SANTAFÉ. Dos lamellaptychi cretácicos de Fortuna (Murcia)	97
A. PULIDO BOSCH Y A. PADILLA BENÍTEZ. Características hidrogeológicas de un sector al SW de Aspe (Alicante)	105
A. CHECA Y J. IÁÑEZ. Un posible aberrante genético de <i>Epipelto- ceras treptense</i> (<i>Aspidoceratidae</i> , <i>Ammoni- tina</i>)	129
J. BENAVENTE HERRERA Y R. VEGA DE PEDRO Relaciones entre erosión fluvial y tectónica de fractura en un sector de Las Alpujarras .	135
ALBERTO PÉREZ LÓPEZ. Estratigrafía y estructura del sector norocci- dental de Sierra Harana (Subbético Interno, Cordillera Bética)	147

MEDITERRANEA

SERIE DE ESTUDIOS GEOLÓGICOS

Número 5

1986

SUMARIO

	Página
B. GRANIER. Algues <i>chlorophyceae</i> du jurassique terminal et du crétacé inférieur en Alicante	5
S. CALZADA Y J. V. SANTAFÉ. Dos lamellaptychi cretácicos de Fortuna (Murcia)	97
A. PULIDO BOSCH Y A. PADILLA BENÍTEZ. Características hidrogeológicas de un sector al SW de Aspe (Alicante)	105
A. CHECA Y J. IÁÑEZ. Un posible aberrante genético de <i>Epipelto- ceras treptense</i> (<i>Aspidoceratidae</i> , <i>Ammoni- tina</i>)	129
J. BENAVENTE HERRERA Y R. VEGA DE PEDRO Relaciones entre erosión fluvial y tectónica de fractura en un sector de Las Alpujarras .	135
ALBERTO PÉREZ LÓPEZ. Estratigrafía y estructura del sector norocci- dental de Sierra Harana (Subbético Interno, Cordillera Bética)	147

SERIE DE ESTUDIOS GEOLOGICOS

Mediterránea Ser. Geol.

1986

ANEJO DE LOS ANALES DE LA UNIVERSIDAD DE ALICANTE

Redacción: A. ESTEVEZ, C. AUERNHEIMER y J.A. PINA

EDITA: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Alicante

Depósito Legal A-927-1983

Composición e Impresión:

Gráficas ESTILO

General Elizaicin, 11 - Tel. 20 69 79

ALICANTE

Correspondencia: Departamento de Geología

Facultad de Ciencias de la Universidad de Alicante

Teléfono 66 11 50. Extensión 1.015 y 1.016

Apartado 99 ALICANTE

PUBLICACION PATROCINADA POR:



**Y CAJA DE AHORROS PROVINCIAL
DE ALICANTE**

RELACIONES ENTRE EROSIÓN FLUVIAL Y TECTÓNICA DE FRACTURA EN UN SECTOR DE LAS ALPUJARRAS

J. Benavente Herrera * y R. Vega de Pedro **

RESUMEN

Este estudio parte de la obtención de una serie de variables en relación con la magnitud, relieve, forma y textura de la red de drenaje de las subcuencas de quinto orden vertientes al río Grande de Adra (provincias de Granada y Almería). El análisis multivariable —«cluster» y factorial— destaca un grupo de subcuencas que se caracterizan por su mayor potencial de erosión hídrica. Esto se interpreta en función de la relación existente entre tales subcuencas y la traza septentrional del accidente tectónico regional, activo desde el Mioceno medio y con componente mayoritaria de desgarre, que delimita el denominado «corredor de Las Alpujarras».

Palabras clave: morfometría fluvial, análisis multivariable, neotécnica, Cordilleras Béticas.

ABSTRACT

In this study a number of variables that illustrate about basin magnitude, slope, shape and textural features of the drainage network have been measured in a population that comprises all the fifth-order watersheds of the Grande de Adra river (Granada and Almería provinces, Spain). The application of both cluster and factor analysis provides a group of such basins being characterized for their higher capacity of fluvial erosion. This is explained in relation with the vicinity of the northern band of the regional lineament bounding the so-called «corridor of the Alpujarras», that has mainly acted as a strike-slip fault system since the middle Miocene.

Key words: basin morphometry, multivariate analysis, neotectonic, Betic Cordilleras.

* Dr. en C. Geológicas. Dpto. de Geodinámica e Instituto Andaluz de Geología Mediterránea del C. S. I. C., Univ. de Granada.

** Geólogo. I. B. «Alonso Cano», Dúrcal (Granada).

INTRODUCCIÓN

Hemos estudiado el área vertiente al embalse de Benínar, dentro de la cuenca del río Grande (superficie del orden de 540 km²). Este curso, principal afluente del río Adra, drena parte de la vertiente meridional del macizo de Sierra Nevada. Sus principales tributarios son los ríos Yátor, Ugíjar y Alcolea. Desde el punto de vista hidrográfico, pertenece a la Cuenca Sur de España, y se localiza entre las provincias de Granada y Almería (figura 1).

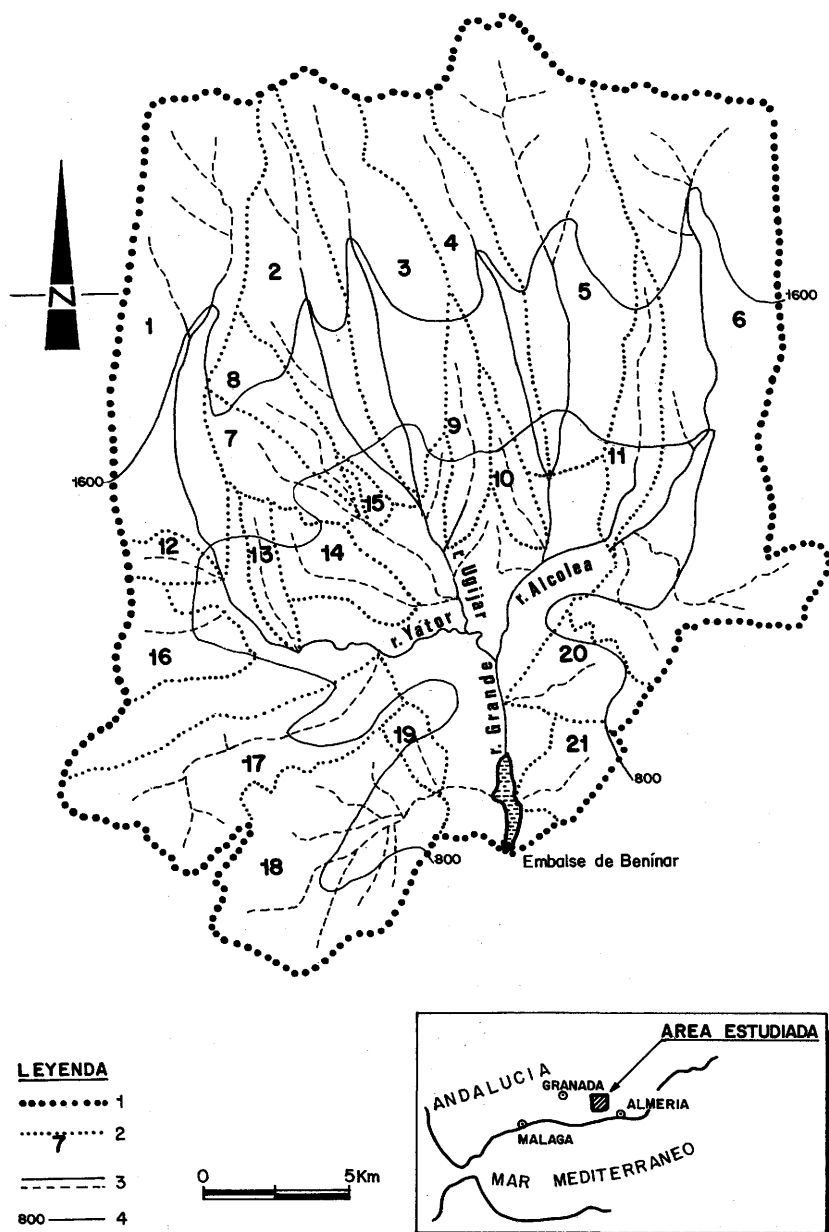
A partir de fotogramas aéreos (escala aproximada 1:30.000) hemos dibujado la red de drenaje de la cuenca. Los segmentos de cursos han sido ordenados según el criterio de Strahler (1952). Hemos seleccionado la población correspondiente a las 21 subcuencas de orden 5 que se presentan en la figura 1. Para cada una, hemos determinado las siguientes variables, de las que también se especifican sus valores extremos:

- I Superficie (km²): 1,5 (n.º 15) - 90 (n.º 6)
- II Número de segmentos de orden 1: 76 (n.º 8) - 1110 (n.º 6)
- III Longitud total de segmentos (km): 15,5 (n.º 15) - 552 (n.º 6)
- IV Relación altitudes media/mínima: 1,1 (n.º 15) - 3,0 (n.º 5)
- V Índice de pendiente de las vertientes: 0,4 (n.º 15) - 13,6 (n.º 6)
- VI Pendiente media del cauce principal: 5,0 (n.º 21) - 56,5 (n.º 15)
- VII Relación anchura/alargamiento: 0,14 (n.º 13) - 0,87 (n.º 16)
- VIII Índice de compacidad: 1,19 (n.º 18) - 1,78 (n.º 11)
- IX Densidad de drenaje (km/km²): 3,9 (n.º 7) - 13,3 (n.º 10)
- X Coeficiente de torrencialidad (II/I): 7,6 (n.º 8) - 79,3 (n.º 12)

Con ello hemos pretendido obtener información sobre la magnitud, relieve, forma y potencialidad de la erosión hídrica de cada subcuenca.

Dentro de este planteamiento general multivariable, hemos utilizado un análisis tipo «cluster», para agrupar subcuencas según afinidades, y un análisis factorial (modo R) para estudiar la estructura de las variables y reducir su dimensionalidad, con objeto de obtener mayor información a partir de grafismos más simples. Los programas originales de cálculo han sido obtenidos de Davis (1973), adaptados por Padilla (1984).

Hemos transformado alguna de las variables con objeto de soslayar posibles «efectos talla» en operaciones ulteriores. Así de las variables I a III se ha obtenido su logaritmo, habida cuenta del carácter de sus relaciones (Strahler, 1977). En las variables VI, VII y X la modificación reside simplemente en aplicar un factor (10 en las dos primeras, y 0,1 en la tercera).



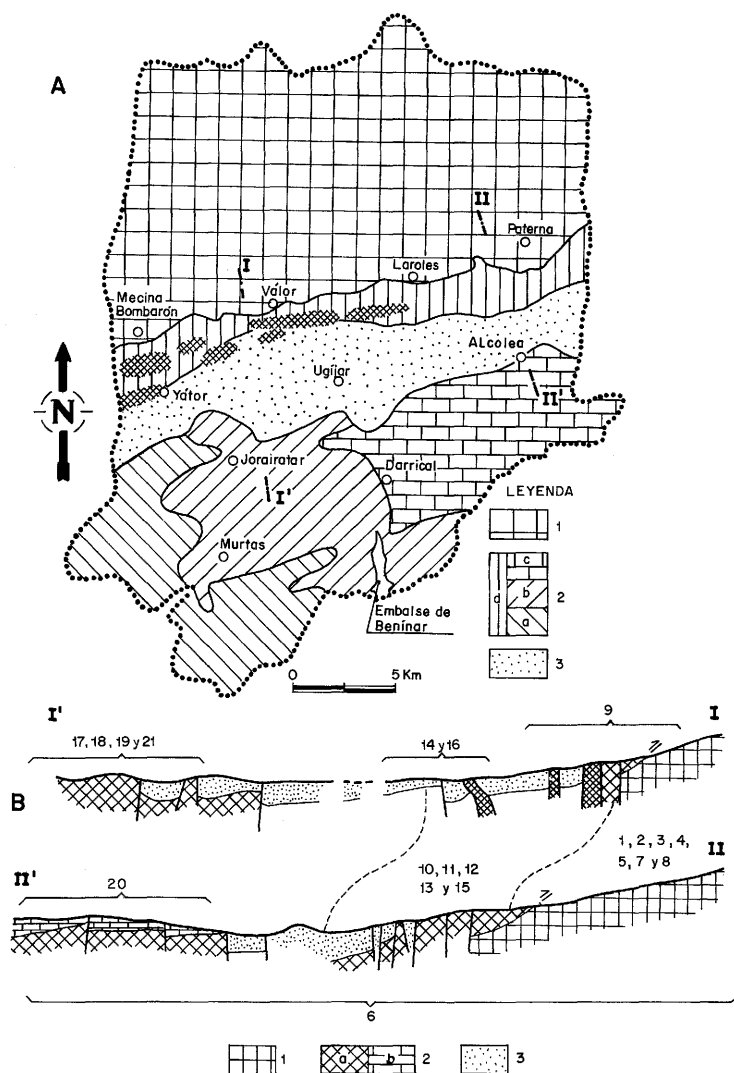


Figura 2.—A: Esquema geológico simplificado. 1: Conjunto Nevado-Filábride. 2: Conjunto Alpujarríde; se especifican los sectores con predominio litológico de (a) micasquistos y cuarcitas, (b) filitas y cuarcitas, (c) materiales carbonáticos y (d) afloramientos dispersos de los tipos anteriores. 3: Materiales de la Depresión de Ugiar.

B: Cortes geológicos esquemáticos mostrando la relación de las subcuencas con los principales rasgos litológicos y estructurales. En el conjunto alpujarríde sólo se ha distinguido entre los sectores con predominio carbonático y el resto de los materiales. Los cortes se han obtenido de Sanz de Galdeano et al. (1985); también de estos autores se ha tomado la localización de los sectores de mayor brechificación tectónica, representados, tanto en A como en B, por la trama más intensa.

EL MEDIO FÍSICO

Incluida dentro de las Zonas Internas de las Cordilleras Béticas, en el área investigada se distinguen tres conjuntos litológicos principales:

- **Conjunto Nevado-Filábride.** Ocupa la mitad septentrional de la cuenca. Lo componen mayoritariamente materiales metapelíticos (micasquistos y cuarcitas).
- **Conjunto Alpujárride.** Integra tanto materiales metapelíticos como carbonáticos. Sus afloramientos ocupan dos sectores: una estrecha franja que limita meridionalmente al conjunto anterior, y todo el tercio Sur de la cuenca; el primero registra gran dispersión areal de afloramientos; en el segundo son distinguibles tres partes, cada una caracterizada por el predominio de determinadas litologías (figura 2 A).
- **Depresión de Ugíjar.** Ocupa el sector central de la cuenca. Fundamentalmente se trata de conglomerados de matriz arcillosa, margas y limos, discordantes sobre materiales pertenecientes a los apartados anteriores.

Para una información geológica detallada del área objeto de esta investigación, nos remitimos a los trabajos de Aldaya et al. (1979), Díaz de Federico et al. (1981), Rodríguez Fernández (1982), González Donoso et al. (1983) y Aldaya et al. (1984).

La actividad neotectónica —de gran incidencia en la evolución sedimentaria de la Depresión de Ugíjar— se circunscribe sobre todo a la actuación de un accidente de dirección aproximada E-W, identificable a lo largo de unos 90 km (Sanz de Galdeano, 1983). A escala más detallada aparece como un sistema de fracturas que delimitan en su interior el denominado «corredor de Las Alpujarras», asiento de sedimentación durante el Neógeno y Cuaternario. Este accidente ha sido estudiado con detalle por Sanz de Galdeano et al. (1984). Aunque su principal componente es de desgarre, también ha producido desplazamientos considerables en la vertical. A este respecto, la mayor actividad corresponde al sistema de fracturas que delimitan septentrionalmente el mencionado corredor. Según los citados autores los desplazamientos pueden continuarse hasta la actualidad. En relación con esta rama norte del accidente (también estudiada por Campos et al., 1984) existen evidencias de milonitización.

En la figura 2 se incluyen los sectores en que se aprecia mayor brechificación tectónica. Se comprueba como están restringidos al borde norte de la Depresión de Ugíjar. También se incluye (figura 2 B) la localización de las subcuencas analizadas en relación con el ámbito litológico-estructural del área.

En un estudio geomorfológico previo, Vega y García-Rosell (1977) deducen la existencia en la cuenca de dos etapas erosivas, la más reciente representada por los cauces de orden superior a 4. Señalan también el condicionamiento fundamentalmente litológico del modelado de la red de drenaje y estiman

de manera teórica la degradación específica por el método de Fournier. Este último aspecto es de notable interés, habida cuenta de que existe un embalse en el extremo final de la cuenca investigada. Los valores de aportación sólida que se consideran en el informe de CHSE (1984), obtenidos en base a diferentes procedimientos, son del orden de $0,5 \text{ Hm}^3/\text{año}$.

RESULTADOS DEL ANÁLISIS «CLUSTER»

El dendrograma obtenido para las diferentes subcuencas se representa en la figura 3. El coeficiente empleado ha sido la distancia euclídea. El criterio de «clustering» es el descrito en Davis (1973).

En la gráfica son distinguibles dos grupos principales: A y B; el primero subdividible a su vez en otros dos: A1 y A2. La subcuenca n.º 6 aparece claramente separada del resto.

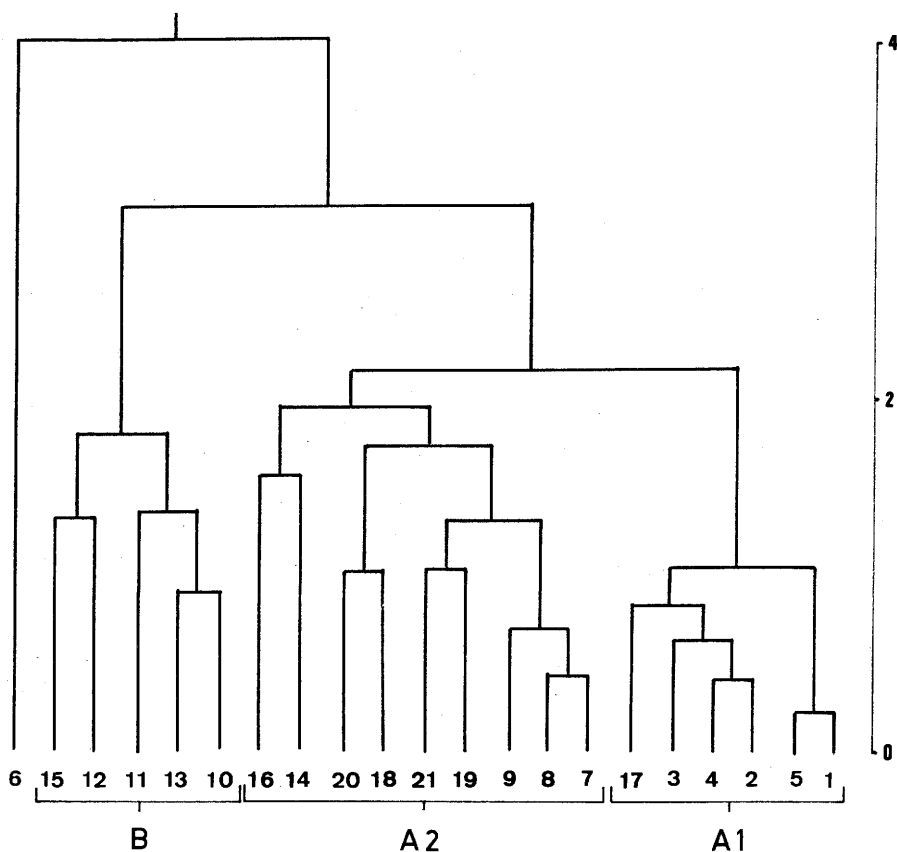


Figura 3.—Resultados del análisis «cluster»: dendrograma mostrando los grupos establecidos entre las subcuencas.

No cabe invocar exclusivamente un criterio de homogeneidad litológica para explicar tal división. En parte ello puede ser válido para el grupo A1, que agrupa subcuencas integradas mayoritariamente por micasquistos y cuarcitas. La propia situación en el dendrograma de la subcuenca n.º 6 —la de mayor heterogeneidad litológica— parece confirmar tal suposición. El grupo A2, sin embargo, reúne subcuencas con predominio carbonático (n.º 20), detrítico (núms. 14 y 16), metapelítico (núms. 7, 8, 19 y 21) o mixtas (núms. 9 y 18). Este último grupo también cuestiona un posible agrupamiento altitudinal, relacionable con la prevalencia de los principales procesos geomórficos actuales (Vega y García-Rossell, 1977).

La diferencia entre los subgrupos A1 y A2 puede establecerse en función de los valores obtenidos para el índice de pendiente de cada subcuenca, siempre superiores en el grupo A1 (6,3 frente a 3,1 como valores medios). Los valores inferiores (media de 2,4) corresponden al grupo B, y el máximo (13,6) a la subcuenca n.º 6. Como expondremos más adelante, este índice también está relacionado estrechamente con la magnitud (superficie y longitud total de cauces) de las subcuencas; guarda, sin embargo, una relación menos significativa con las variables densidad de drenaje y coeficiente de torrencialidad. Ello sugiere que la semejanza entre subcuencas reside más bien en la evolución de la red de drenaje que en su textura y modelado actual.

El grupo B presenta algunas particularidades. Agrupa a las subcuencas situadas, en la mayor parte de su extensión, dentro de la franja septentrional alpujárride, lo que también les confiere una marcada semejanza altitudinal y de relieve (figura 1). Presentan estas subcuencas los valores máximos de densidad de drenaje del área: superiores a 9 km/km². Su estrecha relación espacial con el conjunto de fracturas del borde Norte de la Depresión de Ugíjar y con los sectores de brechificación tectónica producidos por aquéllas (figura 2), confirma lo expuesto en el párrafo anterior y supone, además, una matización adicional, al establecer un nexo entre la evolución de la red de drenaje y la actividad neotectónica.

Las fracturas del borde Sur de la depresión de Ugícar, menos activas, tienen consecuentemente menos influencia en la morfología de la red de drenaje. Su efecto es más geométrico que textural y da cuenta del brusco incurvamiento, próximo a 90°, que registran los segmentos de orden superior de los ríos Yátor y Alcolea, los cuales adquieren una dirección subparalela a dicho accidente, para más adelante, tras su confluencia, retornar a la componente N-S que mantenían en la parte alta de su recorrido (figura 1).

RESULTADOS DEL ANÁLISIS FACTORIAL

Hemos partido de la matriz de correlaciones lineales entre variables. Los coeficientes más elevados, superiores a 0,85, se registran entre las variables I,

III y V. Existe, por tanto, una relación muy estrecha entre la magnitud de las subcuencas —entendiendo como tal su extensión y longitud total de cauces— y el desarrollo de sus vertientes. Si a estas tres se añade la variable IV, el nivel de correlación disminuye hasta 0,66, lo que confirma el carácter general de la citada relación a lo largo de la cuenca, independientemente del ámbito altitudinal. También elevada (0,87) es la correlación entre las variables IX y X, lo cual es lógico e indica que la potencialidad de la erosión hídrica se incrementa en relación con el aumento de la densidad de drenaje. Otro coeficiente elevado a señalar, esta vez negativo ($-0,74$), es el que relaciona las variables I y X: el poder erosivo fluvial, de una manera general dentro del área estudiada, se incrementa en las subcuencas de menor extensión, donde la evolución textural hasta alcanzar el orden 5 ha sido más intensa. Éstas, como se ha visto, predominan en la franja septentrional alpujárride y se caracterizan por fuertes encajamientos de la red, sobre un relieve llano correspondiente a una superficie de colmatación pliocuaternaria (Vega y García-Rosell, 1977).

En el análisis hemos retenido cuatro factores que explican algo más del 90% de la varianza original, sometidos posteriormente a una rotación Varimax. El factor 1 (49%) es demasiado general para obtener una información concreta; son las variables con correlaciones mutuas más altas (I, II, III y V) las que tienen mayor peso sobre él. El factor 4 aporta escasa información adicional (5%) y está condicionado únicamente por la variable VI.

Hemos efectuado la representación de las subcuencas en el plano factorial 2-3 (37% de la variación explicada), de acuerdo con la división de éstas establecida por el análisis «cluster». El factor 2 atiende exclusivamente a variaciones de forma en planta, al estar condicionado —con diferente signo— por las variables VII y VIII. El factor 3 ilustra sobre el potencial de erosión hídrica, ya que en su extremo positivo se agrupan las variables IX y X, mientras que las variables I y IV ocupan el sector negativo de su eje.

El resultado de dicha representación se ilustra en la figura 4. De los grupos antes definidos, el B es el único que aparece individualizado dentro de la nube de puntos. Es patente otra vez la relación entre la mayor «erosionabilidad» de ciertas subcuencas y la situación de éstas dentro de un contexto tectónico al cual hemos aludido reiteradamente. Parece razonable suponer que esta mayor intensidad erosiva, al igual que sucede con la actividad tectónica, continúa en la actualidad. Cabría pensar en un proceso de erosión remontante, en estas pequeñas subcuencas, producido a expensas de aquéllas, más extensas, que ocupan una posición más septentrional.

Un aspecto de interés práctico, habida cuenta de que la cuenca se encuentra regulada en su extremo final, puede abordarse también a partir de los resultados de la figura 4. En efecto, las subcuencas que reúnan las características de un mayor potencial erosivo y una forma de planta subcircular, son aquellas que previsiblemente producirán una mayor aportación sólida específica concentrada en un menor intervalo de tiempo, lo que ha de tenerse en cuenta a

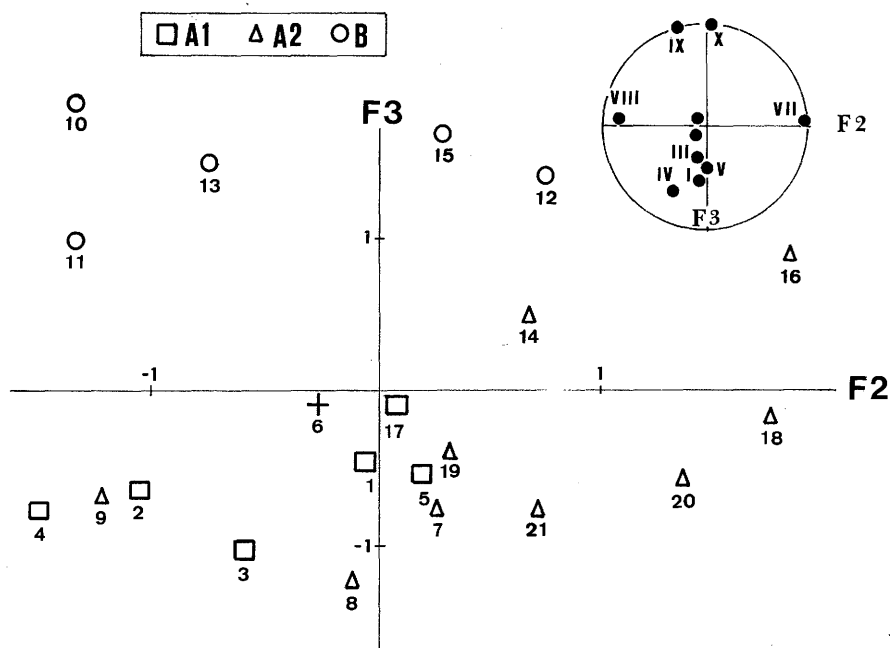


Figura 4.—Resultados del análisis factorial: representación de las subcuencas en el plano de los factores 2 y 3. Los símbolos corresponden a las divisiones resultantes del análisis «cluster». También se especifican los pesos de las variables en cada uno de los dos factores retenidos.

la hora de valorar correctamente el dimensionamiento de las obras de corrección fluvial. En las subcuencas del primer cuadrante concurren tales circunstancias y, por extensión, son los ríos Ugíjar y Yátor los más problemáticos al respecto. Aunque carecemos de datos precisos de arrastres sólidos, la información que se tiene referente al régimen hidrológico parece confirmar dicha suposición. Así, aun siendo semejantes las aportaciones líquidas específicas en los tres cursos tributarios principales, las máximas crecidas puntuales proceden de los ríos antes citados (Vega, 1984; Pulido-Bosch et al., en prensa).

CONCLUSIONES

Dentro de la cuenca del río Grande (provincias de Almería y Granada), y en base a criterios morfométricos, se han identificado mediante análisis multivariable las subcuencas con mayor potencialidad de erosión hídrica.

Estas subcuencas se localizan en la proximidad del accidente neotectónico que delimita el denominado «corredor de Las Alpujarras», concretamente con la rama de éste que ocupa una posición más septentrional; la otra rama apenas

tiene traducción morfométrica y sólo afecta localmente a la geometría del trazado de los cauces principales.

La actividad tectónica reciente del accidente sobre el que se localizan las citadas subcuencas, puede favorecer doblemente la intensificación local de la potencialidad erosiva de éstas, bien por efectos de «rejuvenecimiento» del relieve, en relación con desplazamientos verticales, bien por procesos de brechificación tectónica —importantes sobre todo en relación con movimientos de componente horizontal— que aumentan la disgregabilidad de los materiales originales.

REFERENCIAS

- ALDAYA, F., DÍAZ DE FEDERICO, A., GARCÍA-DUEÑAS, V., MARTÍNEZ GARCÍA, E., NAVARRO-VILA, F. y PUGA, E. (1979). Lanjarón (1042). Mapa Geológico de España 1:50.000 (2.ª serie). IGME Madrid.
- ALDAYA, F., BAENA, J. y EWERT, K. (1984). Ugíjar (1043). Mapa Geológico de España 1:50.000 (2.ª serie). IGME Madrid.
- CAMPOS, J., GARCÍA-DUEÑAS, V., GONZÁLEZ-LODEIRO, F. y OROZCO, M. (1984). El contacto Alpujarrides/Nevado-Filábrides en la vertiente meridional de Sierra Nevada. Implicaciones tectónicas. Reun. Proyec. Borde Mediterráneo español. págs. 18-20.
- C. H. S. E. (1984). Informe de síntesis de los estudios básicos para la redacción del Plan Hidrológico del Sur. 101 págs. Málaga.
- DAVIS, J. C. (1973). *Statistics and Data Analysis in Geology*. Ed. J. Wiley. 550 págs. New York.
- DÍAZ DE FEDERICO, A., BURGOS, J., ALMARZA, J. y OROZCO, M. (1981). Aldeire (1028). Mapa Geológico de España 1:50.000 (2.ª serie). IGME Madrid.
- GONZÁLEZ DONOSO, J. M., RODRÍGUEZ-FERNÁNDEZ, J., ESTÉVEZ, A., LINARES, D., LÓPEZ-GARRIDO, A. C., SANZ DE GALDEANO, C. y SERRANO, F. (1983). El Neogeno del borde SE de la depresión de Granada y su conexión con el Corredor de Las Alpujarras. X Cong. Nac. de Sedimentología, 5, págs. 33-34. Menorca.
- PADILLA BENÍTEZ, A. (1984). Aplicaciones del microordenador en Hidrogeología. Tesis Lic. Univ. Granada. 81 págs.
- PULIDO BOSCH, A., BENAVENTE, J., CASTILLO, A. y PADILLA, A. (en prensa). Estudio hidrogeológico de la cuenca del río Adra. Monografías de ICONA (el Medio Físico de la cuenca del río Adra).
- RODRÍGUEZ FERNÁNDEZ, J. (1982). El Mioceno del sector central de las Cordilleras Béticas. Tesis Doctoral Univ. Granada. 217 págs. Granada.
- SANZ DE GALDEANO, C. (1983). Los accidentes y fracturas principales de las Cordilleras Béticas. *Estudios Geol.* 39, págs. 157-165. Madrid.
- SANZ DE GALDEANO, C., RODRÍGUEZ-FERNÁNDEZ, J. y LÓPEZ-GARRIDO, A. C. (1985). A strike-slip fault corridor within the Alpujarra Mountains (Betic Cordilleras, Spain). *Geol. Rundschau* 74/3, págs. 641-655.
- STRAHLER, A. N. (1952). Dynamic basis of Geomorphology. *Bull. Geol. Soc. Am.* 63, págs. 923-938.
- STRAHLER, A. N. (1977). *Geografía física*. Ed. Omega. 539 págs. Barcelona.
- VEGA DE PEDRO, R. (1985). Hidrología de superficie en un sector de la Alpujarra oriental. *Foro de las Ciencias y de las Letras*. 7-8, págs. 86-95. Granada.
- VEGA DE PEDRO, R. y GARCÍA-ROSSELL, L. (1977). Valor de la erosión fluvial en la cuenca del río Grande (provincias de Granada y Almería). V Coloq. de Geografía, págs. 141-150. Granada.